creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

치의학석사 학위논문

불소 전처치와 후처치가 교정용 브라켓의 접착강도에 미치는 영향

2014년 8월

서울대학교 대학원
치의과학과 치과생체재료과학 전공

양 유 경

불소 전처치와 후처치가 교정용 브라켓의 접착강도에 미치는 영향

지도교수 임 범 순

이 논문을 치의학 석사학위논문으로 제출함.

2014년 5월

서울대학교 대학원
치의과학과 치과생체재료과학 전공

양 유 경

양유경의 치의학 석사학위논문으로 인준함.

2014 년 6 월

위 원 장 _____ 이 상 훈 _____ 인

부위원장 _____ 임 범 순 _____ 인

위 원 _____ 양 형 철 _____ 인

국문초록

불소 전처치와 후처치가 교정용 브라켓의 접착강도에 미치는 영향

치과생체재료과학 전공
(지도교수: 임 범 순)

양 유 경

최근에는 대중의 구강건강관리에 대한 인식 및 관심이 높아져 많은 사람들이 아동기부터 우식증 예방을 위해 다양한 불소 제재 적용을 받고 있다. 때문에 교정 치료를 시작하는 환자들의 치아 표면은 주기적인 불소처리가 진행되어 있는 경우가 많이 있다. 또한 아동기 또는 청소년기의 교정 치료시 법랑질에 접착한 교정 장치 주변에서 발생되는 탈회나 우식의 가능성을 최소화하기 위하여, 적절한 치면 세균막 관리와 함께 불소 제재의 국소 도포가 추천되어 적용되고 있다. 본 연구에서는 주기적으로 APF 겔을 적용한 우치 (bovine)에 대한 브라켓의 접착강도를 측정하여 불소 제재의 지속적인 적용이 브라켓의 접착력에 주는 영향을 알아보고, 교정치료 중에 발생될 수 있는 백색 병소와 탈회를 감소시키기 위하여 브라켓 주변에 도포하는 불소 바니시가 브라켓의 접착력에 주는 영향을 평가하고자 하였다.

건전한 우치 80 개를 선별하여 40 개는 아무 처리를 하지 않고 (CTL, EXP-1), 40 개는 브라켓 접착 전 1.23 % APF 겔로 28 일간 14 번 불소 전처리 (pre-treatment)를 실시하였다 (EXP-2, EXP-3). 우치를 XRD로 분석하여 불소 전처리에 따른 변화를 비교하였고, 우치 표면에 금속 브라켓 (Ormco)을 Transbond XT로 제조사의 설명서에 따라 접착하였다. 각 그룹에서 다시 우치 20 개는 5 % NaF 불소 바니시로 불소 후처리 (post-treatment)를 실시하고 (EXP-1, EXP-3), 나머지 20 개는 불소 후처리하지 않은 군 (CTL, EXP-2)으로 분류하여, 총 4 개의 군 (n = 20)을

대상으로 시험하였다. 각 시편은 37 ℃ 증류수에 28 일간 보관하였는데 증류수는 매일 2회 새로운 증류수로 교환하였고, 불소 바니시는 1 주일에 1 번씩 28 일간 총 4 번 도포하였으며 도포한 후에는 37 ℃ 증류수에 보관하였다. 브라켓의 접착력은 전단접착강도 (SBS)와 접착제 잔류지수 (ARI)를 측정하여 평가하였는데, 각 실험군당 20 개 시편을 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였으며, Newman-Keuls multiple comparisons test ($p = 0.01$)로 통계 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 주기적으로 APF 겔을 적용한 우치의 법랑질에는 불화칼슘 결정상뿐 아니라 불화인회석 결정상이 생성된 것이 관찰되었다.
2. 법랑질 표면을 APF 겔로 장기간 전처리한 경우 브라켓의 접착력은 유의하게 감소하여 임상 적용에 필요한 접착강도 보다 낮은 값을 보였고, ARI 값도 대조군과는 상이한 양상이 관찰되었다.
3. 브라켓을 접착한 후 5% NaF 불소 바니시로 후처리한 경우 브라켓의 접착력은 대조군보다 유의하게 감소하였지만 ($p < 0.01$), 임상에서 요구되는 접착력 보다는 높은 값을 보였고, ARI 값은 대조군과 유사하였다.
4. 법랑질을 불소 전처리하고 브라켓 접착한 다음 불소 후처리를 실시한 실험군에서 브라켓의 접착력과 ARI 값은 불소 전처리만 실시한 실험군과 유사하여 불소 후처리에 따른 추가적인 유의한 영향은 없었다.

주요어 : 불소 전처리, 불소 후처리, 우치, 브라켓, 전단접착강도, 접착제 잔류지수

학 번 : 2012-23688

불소 전처치와 후처치가 교정용 브라켓의 접착강도에 미치는 영향

치과생체재료과학 전공
(지도교수: 임범순)
양 유 경

목 차

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 연구재료 및 방법
Ⅲ. 연구결과
Ⅳ. 총괄 및 고안
Ⅴ. 결 론
참고 문헌
영문 초록

Ⅰ. 서 론

성장기 아동은 맹출하는 영구치들의 법랑질 석회화가 미완성되어 있고, 구강위생에 대한 인지력과 관리 능력이 부족하여 구강내 환경이 치아우식에 매우 취약하며, 한번 초기우식이 시작되면 그 병소가 빠르게 진행될 수 있다. 때문에 아동기 환자의 치면열구전색제 (pit & fissure

sealant) 또는 불소 도포 등 예방치료의 중요성이 오래전부터 대두되어 왔고, 많은 아이들이 주기적인 불소 국소 도포로 구강건강에 힘쓰고 있다. 특히 아동기와 청소년기에 구강 악습관으로 인한 성장 패턴의 부조화 및 바르지 못한 치열로 인한 구강위생능력 저하 등의 이유로 고정식 교정 장치로 치아교정치료를 받는 경우가 많은데, 성인의 경우보다 교정 장치 주변에서 치아우식 및 탈회의 발생 빈도가 높게 관찰되고 있다. 이를 예방하기 위하여 교정 치료중인 소아·청소년기 환자들의 경우에는 적절한 치면 세균막 관리와 불소 국소 도포치료가 추천되고 있다 (Sudjalim 등, 2007).

치아 표면에 도포한 불소는 법랑질의 수산화인회석 (hydroxyapatite) 또는 용출된 칼슘 이온과 반응하여 불화인회석 (fluoroapatite) 또는 불화칼슘 (CaF_2) 결정상이 생성될 수 있다. 특히, 치질에 고농도의 불소를 도포하면 치면에 불소 저장고 역할을 하는 CaF_2 결정상이 형성되고, 이 결정상에서 서서히 방출되는 불소 이온이 치질의 탈회를 억제하고 탈회가 진행된 치질의 재광화 (remineralization)를 촉진할 수 있지만, Duke와 Forward (1978), Lussi 등 (2012), Rošin-Grget 등 (2013)은 불안정한 CaF_2 결정상은 24시간 내에 빠르게 소실될 수 있으며 치질의 표면층에서만 항우식 효과가 발휘될 수 있는 제한이 있다고 하였다.

불소의 우식 억제기전은 아직 명확하게 제시되고 있지는 않으나, 일반적으로 치면에 침착된 불소가 탈회를 억제시키고, 초기 우식 병소의 재광화를 촉진시키며, 불소의 항미생물 작용으로 우식이 억제된다는 기전이 받아들여지고 있다. 즉, 치아에 불소를 도포해주면 법랑질 표면층의 수산화인회석이 용해도가 낮은 불화인회석으로 전환되어 법랑질의 탈회가 억제될 수 있을 뿐 아니라, 불화인회석의 표면에너지가 수산화인회석보다 상대적으로 낮기 때문에 치태 또는 이물질의 흡착이 감소되어 우식 진행이 억제될 수 있다는 것이다.

치과에서 실시하는 전문가 고농도 불소 국소 도포에는 대부분 1.23% APF (acidulate phosphate fluoride) 겔 또는 5% NaF 불소 바니시가 (fluoride varnish) 주로 사용되고 있다. 1.23% APF 겔은 트레이에 담아 4분간 치면에 적용한 다음 세척하는 방식으로, 불소 바니시는 치면에

도포하고 건조시키는 방식으로 적용되며, 이러한 불소 도포 과정은 1년에 2-4회 정도 정기적으로 실시하는 것이 추천된다. 치과에서는 NaF보다 치료 효율이 더 좋은 APF 겔 도포를 더 선호하는데, 이는 APF 겔에 존재하는 미해리 불화수소가 NaF에서 해리되는 불소보다 더 쉽게 법랑질내 결정상 사이의 미세한 틈으로 확산될 수 있기 때문이며, 트레이에 겔을 담아 물고 있으면 위·아래 치아를 한꺼번에 도포할 수 있어 진료 시간도 단축할 수 있기 때문이다. 그러나, 수용성인 APF 겔은 타액이나 물에 쉽게 용해되어 지속적인 효과를 기대하기 어렵고, 환자들이 삼킬 위험성도 제기되고 있다. 따라서 고농도인 1.23% APF 겔은 환자가 많은 양을 삼키지 않도록 주의하여야 하는데, 혹시 많은 양의 불소를 삼키게 되면 전신적 독성뿐 아니라 오심이나 구토 등의 급성증상이 나타날 수도 있으므로 (Whitford, 1987; Koo, 2008; Dhar와 Bhatnagar, 2009; Gazzano 등, 2010), 불소 도포 후 30분 동안은 침을 삼키지 말고 뱉어내는 주의가 요구된다.

불소 바니시 적용은 치질에 대한 점착성이 우수한 천연수지에 불소를 배합하여 고농도 불소를 치질에 장시간 접촉시켜 우식 예방효과를 얻는 술식으로, 적용 방법이 간단하고 편리하여 환자 친화성이 우수하며 불소의 과다 섭취 위험성이 적을 뿐 아니라 독성으로 인한 부작용이 거의 없는 것으로 알려져 있다 (Miller와 Vann, 2008). 1964년에 처음으로 5% NaF를 함유한 Duraphat (Woelm Pharma Co, Germany) 불소 바니시가 소개되었고, 최근에는 브러쉬와 함께 낱개로 개별 포장된 Cavity Shield (3M ESPE, USA) 등과 같은 불소 바니시들이 소개되어 사용되고 있다 (Strohmener와 Brambilla, 2001).

교정용 브라켓을 접착하기 전 치질의 불소 전처리가 주는 영향에 대하여는 상반된 연구 결과들이 보고되고 있다. Low 등 (1975)과 Powers와 Messersmit (2001)는 고농도 불소제재를 교정용 브라켓 접착 전에 처리한 경우에는 불화칼슘 및 불화인회석 결정상 형성이 법랑질 표면의 산-부식 효과를 떨어뜨려 브라켓의 접착력을 감소시킬 수 있다고 하였으나, Brännström 등 (1978)은 인산으로 산-부식처리 전에 불소 바니시 (Duraphat)를 법랑질에 도포하더라도 브라켓의 접착력에는 나쁜 영향을

주지 않았다고 하였다. Todd 등 (1999), Bishara와 Ostby (2008), 및 Yap 등 (2014)의 임상 연구에 의하면 교정용 브라켓과 금속 밴드 주위의 산-부식처리한 법랑질은 탈회에 무방비 상태로 노출되고, 법랑질에 접착된 교정 장치 주변에는 치면 세균막 침착이 용이하여 적절하게 구강 위생 상태를 유지하지 못하면 치아 우식증 발병에 취약해질 수 있는데, 이러한 문제는 불소 제재의 국소 도포로 감소시킬 수 있다고 하였다.

고농도 불소 제재 중에서 Retief 등 (1980)은 불소 겔 보다 불소 바니시가 법랑질에 더 많은 불소 침투를 보였다고 하였으며, 교정환자에 발생한 백색 병소 (white spot lesions)에 불소 바니시 적용이 효과적이라는 연구 보고도 있다 (Farhadian 등, 2008). 이러한 장점으로 교정환자에서 흔히 나타나는 백색 병소를 예방하기 위해 불소 바니시 도포가 효과적이지만, 불소 도포가 브라켓의 접착강도에 주는 영향을 평가한 연구는 거의 없는 실정이다.

교정 치료와 관련하여 불소 제재의 국소 적용 시기는 4가지 경우로 고려할 수 있는데, 첫 번째로 산-부식처리 전에 치아에 불소를 적용, 두 번째로 산-부식처리와 불소를 동시에 함께 적용, 세 번째로 산-부식처리한 후 불소를 적용, 네 번째로 브라켓 접착을 완료한 다음 불소를 적용하는 방법이다 (Kim 등, 2005). 치아에 브라켓 접착을 시도하기 전에 치면에 대한 불소 적용은 일반적으로 추천되고 있지 않지만, 최근에는 아동기부터 우식증 예방을 위한 불소 제재 적용이 광범위하게 시행되어 교정 치료를 시작하기 전에 이미 치아 표면은 주기적으로 불소처리가 진행된 경우가 이전 보다 많을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 지속적으로 불소 제재를 적용한 치아에 대한 브라켓의 접착강도를 측정하여 불소 제재 사용이 접착력에 주는 영향을 알아보고, 교정치료 중에 발생될 수 있는 백색 병소와 탈회 감소를 위하여 브라켓 주변에 도포하는 불소 바니시가 브라켓의 접착강도에 주는 영향을 평가하고자 하였다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1) 연구 재료

우식 또는 표면 결함이 없는 건전한 우치 80 개를 선별하여, 불소를 함유하지 않은 치약으로 우치 표면에 잔류하는 이물질을 깨끗하게 제거한 다음 0.1 % tymol 용액에 7 일간 보관하였다. 우치에서 상대적으로 편평한 순측 법랑질 부위를 천공기 (내부 지름 8 mm)로 천공한 다음 저속 다이아몬드 톱 (ISOMET 1000, Buehler, Germany)으로 절단하여 디스크형 시편 (8 mm × 3 mm) 80 개를 제작하였다 (Fig. 1a).

브라켓을 접착하기 전에 우치 40 개는 표면을 1.23 % APF gel (Sultan, USA)로 불소 전처리를 실시하였고, 브라켓을 접착한 후 적용하는 불소 제재가 브라켓의 접착력에 주는 영향을 평가하기 위하여 브라켓을 접착한 시편 40 개는 5 % NaF 불소 바니시 (V-Varnish, Vericom, Korea)를 브라켓 주변에 도포하는 불소 후처리를 실시하였다.

Table 1. Materials used in this study

Materials	Characteristics	Manufacturer
APF gel	1.23 % (pH 3.5)	Sultan, USA
V-Varnish	5 % NaF, TCP	Vericom, Korea
Scotchbond Etchant	35 % phosphoric acid	3M ESPE, USA
Transbond XT (orthodontic adhesive)	light-cure composite	3M Unitek, USA
OptiMesh XRT (metal bracket)	upper central left	Ormco, USA

2) 연구 방법

(2-1) 시편 전처리 (Pre-treatment of bovine before bracket bonding)

우치 40개는 증류수 (37℃)에 28일간 보관하였는데, 증류수는 매일 2회 새로 교환하였으며, 이 우치들을 불소처리하지 않은 실험군으로 사용하였다 (CTL, EXP-1). 나머지 40개 우치는 4분간 APF gel로 처리한 다음 2일간 증류수 (37℃)에 보관하는 과정을 28일간 14번 시행하여 불소로 전처리한 실험군으로 사용하였다 (EXP-2, EXP-3).

(2-2) X-선 회절 (X-ray diffraction, XRD) 분석

1.23% APF 겔로 주기적으로 전처리한 EXP-2군과 EXP-3군의 불소처리 효과를 확인하기 위하여 X-선 회절 분석기 (XRD; D8 Advance, Bruker AXS, Germany)로 우치 표면을 분석하여 수산화인회석 [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$], 불화칼슘 [CaF_2] 및 불화인회석 [$Ca_{10}(PO_4)_6F_2$] 결정상 등의 형성 유·무를 확인하였다. 측정 회절각 (2Θ)은 20°에서 60° 범위를 0.5°/sec 속도로 스캔하여 0.01° 측정간격으로 X-선 회절 분석을 실시하였다. 발치한 후 세척을 제외하고 아무처리도 하지 않은 CTL군 (또는 EXP-1군)을 대조군으로 XRD 분석하여 불소로 전처리한 실험군과 비교하였다.

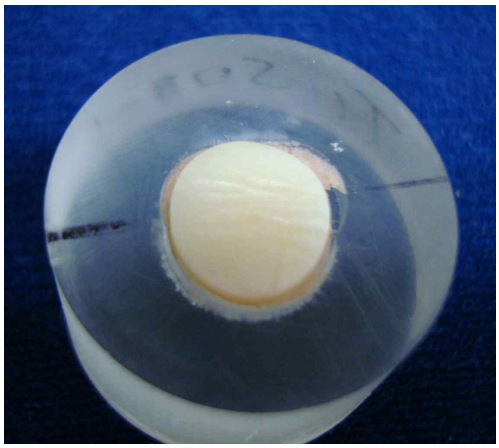
(2-3) 브라켓 접착 (Bracket bonding)

디스크형으로 절단한 우치의 순측 법랑질 표면이 상방으로 노출되도록 아크릴 몰드에 넣고 자가중합형 아크릴 레진으로 포매하여 브라켓 접착에 사용할 시편을 준비하였다 (Fig. 1b). 아무처리도 하지 않은 우치와 불소로 전처리를 완료한 우치 표면을 35% 인산인 Scotchbond Etchant (3M ESPE)로 30초간 산-부식처리한 다음 금속 브라켓 (OptiMesh XRT, Ormco)을 광중합형 교정용 접착제인 Transbond XT (3M Unitek)를 이용하여 우치에 접착하였다.

제조사의 설명서에 따라 접착용 프라이머를 산-부식처리한 우치면에 도포하고 건조시킨 후 접착용 레진을 브라켓 표면에 균일하게 도포한 다음 우치면 중앙에 브라켓을 압착하였다 (Fig. 1c). 과잉의 접착 레진은 스케일러 (scaler)로 제거한 후 Ortholux LED Curing Unit (3M Unitek)를 이용하여 4방향에서 10초씩 총 40초간 충분히 광조사하였다. 실험

오차를 최소화하기 위하여 브라켓 접착 과정은 동일한 실험자가 실시하였다.

(a)



(b)

(c)

Fig. 1. Specimen used in this study: the bovine was punched and cut to disk shape (a), bovine embedded in acrylic mold (b), and bracket bonded to bovine embedded in acrylic molds (c).

(2-4) 시편 후처리 (Post-treatment of bovine after bracket bonding)

브라켓을 접착한 실험군은 5% NaF 불소 바니시로 후처리를 시행한

유·무에 따라 다시 분류하여 모두 4가지 실험군을 대상으로 시험하였다 (Table 2). 브라켓을 접착한 다음 추가로 불소 바니시로 후처리하지 않은 실험군 (CTL, EXP-2)의 경우는 시편을 증류수에 (37 ℃)에 28 일간 보관한 후 전단접착강도 시험 (SBS; shear bond strength)을 실시하였는데, 이때 매일 2회 새로운 증류수로 교환하며 보관하였다. 브라켓 접착부위에 불소 바니시로 후처리한 실험군 (EXP-1, EXP-3)의 경우는 브라켓 주변에 V-Varnish (5% NaF)를 균일하게 도포하고 5분간 건조시킨 후 증류수 (37 ℃)에 7일간 보관하는 과정을 4회 반복하여 총 28일 경과한 다음 전단접착강도를 측정하였다. 이 경우에도 매일 2회 새로운 증류수로 교환하며 28일간 처리하였다.

Table 2. Experimental groups (n = 20) used in this study

Groups	**Pre-treatment** of bovine with APF gel before bracket bonding	**Post-treatment** of bovine with Fluoride varnish after bracket bonding
CTL	no	no
EXP-1	no	yes
EXP-2	yes	no
EXP-3	yes	yes

(2-5) 전단접착강도 (SBS) 측정

브라켓의 전단결합강도는 만능 시험기 (Universal testing machine, 4466 Instron, Canton, USA)를 사용하여 측정하였다. 브라켓 윙에 평행하게 힘이 가해질 수 있도록 전단결합강도 측정용 지그에 시편을 고정하고 브라켓 접착 계면에 전단 하중을 1 mm/min 속도로 적용하여 브라켓이 우치면에서 분리될 때의 최대하중을 newton (N)으로 기록하였고, 측정한 하중을 교정용 브라켓의 제조사에서 제시한 브라켓 베이스 (base)의 면적으로 나누어 전단결합강도 (MPa)를 계산하였다. 실험군당 20개

시편을 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였으며, 실험군의 통계적 유의성을 Student-t test와 Newman-Keuls multiple comparisons test ($p = 0.01$)로 검증하였다.

(2-6) 접착제 잔류지수 (ARI) 평가

교정용 브라켓의 전단결합강도 측정 후 브라켓이 탈락된 우치의 접착 계면을 실체 현미경 (Nikon SMZ-U, Tokyo, Japan)으로 5배 확대하여 우치의 접착 계면에 잔류된 접착제 양을 관찰하였다. 표면에 잔류된 접착제 양에 따라 Årtun과 Bergland (1984)이 제시한 접착제 잔류지수 (Adhesive remnant index, ARI)를 이용하여 평가하였는데, 접착제 잔류지수 (ARI) 설정은 아래와 같이 4단계로 점수화하였다.

score 0: 우치 표면에 접착제가 전혀 남아 있지 않은 경우 (0%)
score 1: 우치 표면에 접착제가 50% 이하로 남은 경우 (< 50%)
score 2: 우치 표면에 접착제가 50% 이상 남은 경우 (> 50%)
score 3: 우치 표면에 모든 접착제가 남아 있는 경우 (100%)

Ⅲ. 연구 결과

1) 우치 표면 XRD 분석

우치 표면을 세척 후 아무처리하지 않은 대조군 CTL과 1.23 % APF 겔로 28 일간 14 회 전처리한 실험군 EXP-2의 XRD 분석 결과는 Fig. 2와 같다. 대조군에서는 수산화인회석 (H) 결정을 나타내는 피크 (25.88°, 32.05°, 49.50° 및 53.55°)가 관찰되었다. 실험군 EXP-2군에서는 불화칼슘 (C) 결정을 나타내는 피크 (28.35°, 47.15° 및 55.94°)와 불화인회석 결정 (F)을 나타내는 피크 (32.17°, 49.78°)가 관찰되었다.

2) 전단접착강도

만능시험기를 사용하여 각 실험군의 전단접착강도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 브라켓 접착 전 우치 표면에 아무처리도 하지 않은 대조군 CTL의 평균 전단접착강도는 13.27 MPa이였고, 1.23 % APF 겔로 전처리한 실험군 EXP-2의 평균 전단접착강도는 4.86 MPa을 보여 법랑질 표면을 불소 제재로 전처리한 경우 접착강도가 유의하게 감소되는 것이 관찰되었다. ($p<0.01$).

Table 3. Results of shear bond strength test of experimental groups

Groups	Mean ± SD (MPa)	Range (MPa)
CTL	13.27 ± 3.77[a]	7.07 - 19.78
EXP-1	9.06 ± 3.42[b]	6.01 - 19.26
EXP-2	4.86 ± 2.65[c]	2.43 - 13.34
EXP-3	4.17 ± 1.72[c]	2.54 - 7.92

Note: the same superscript letters within the same column are not significantly different ($p > 0.01$).

법랑질 표면을 불소 제재로 전처리를 실시하지 않았지만 브라켓 접착

후에 불소 바니시를 도포하여 후처리를 실시한 실험군 EXP-1의 평균 전단접착강도는 9.06 MPa을 보여, 전처리와 후처리를 모두 실시하지 않은 대조군 CTL 보다 브라켓 접착강도가 어느 정도 감소되는 것이 관찰되었다 ($p < 0.01$).

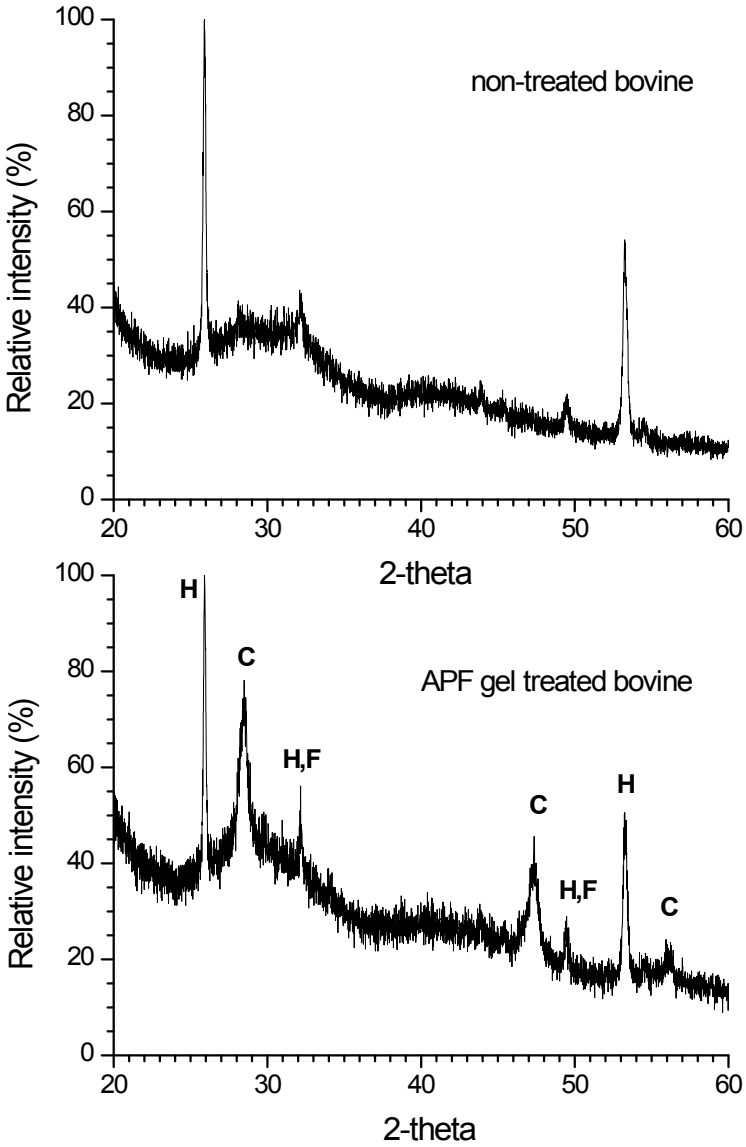


Fig. 2. XRD patterns of bovine with and without 1.23 % APF gel treatment (C = CaF_2, H = hydroxyapatite, F = fluorapatite).

브라켓 접착 전에 법랑질을 1.23% APF 겔로 전처리하고, 브라켓 접착 후에는 불소 바니시를 도포한 실험군 EXP-3의 평균 전단접착강도는 4.17 MPa을 보여, EXP-2 와 비교하였을 때 불소 바니시로 후처리함에 따른 접착강도의 유의한 감소는 관찰되지 않았다 ($p > 0.01$).

2) 우치의 접착 계면에 잔류한 접착제의 양 (ARI) 관찰

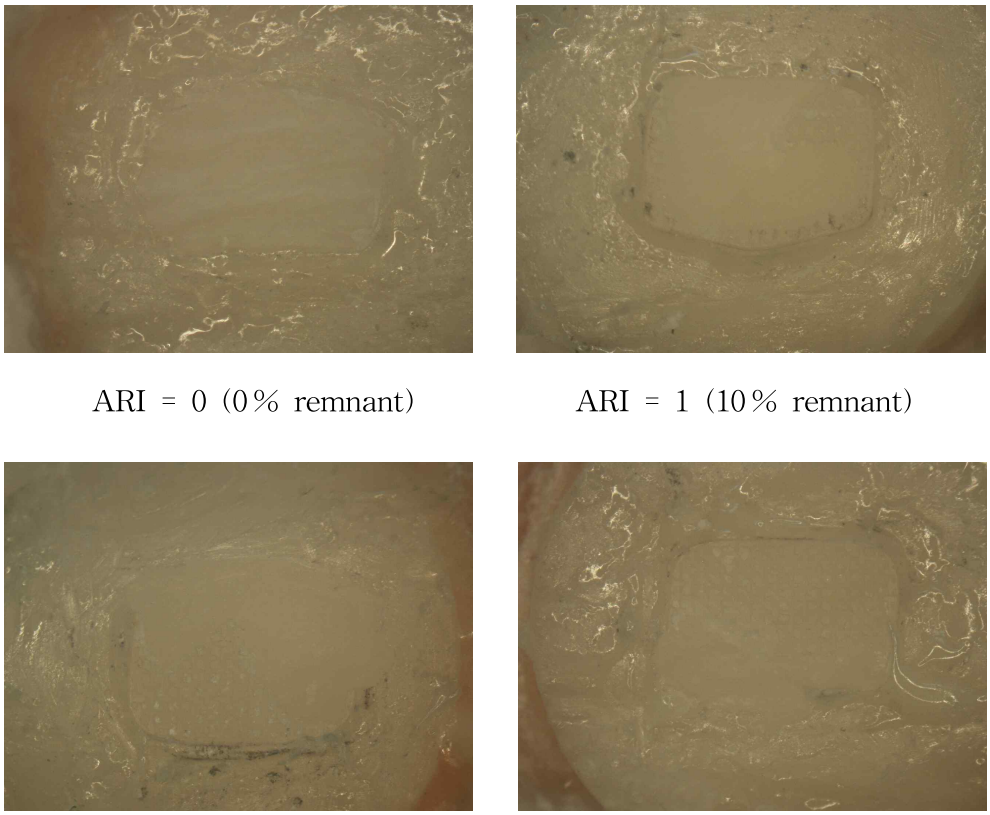
브라켓의 전단접착강도 시험을 완료한 우치에서 브라켓이 탈락된 접착 계면을 실체현미경으로 관찰하여 우치 표면에 잔류하는 접착제의 양으로 평가한 ARI 값은 Table 4에 정리하였다.

Table 4. Adhesive remnant index (ARI) score of experimental groups

Group	N	Adhesive remnant index scores			
		0	1	2	3
CTL	20	3	14	3	-
EXP-1	20	4	12	4	-
EXP-2	20	17	3	-	-
EXP-3	20	19	1	-	-

우치에 불소 제재로 전처리와 후처리를 전혀 시행하지 않은 대조군 CTL의 경우 우치 표면에 접착제가 전혀 잔류하지 않은 (ARI = 0) 시편이 3개, 약 60% 정도의 접착제가 관찰된 (ARI = 2) 시편이 3개였고, 대부분인 14개 시편에서는 20% 미만의 접착제 잔류가 (ARI = 1) 관찰되었다. 우치에 불소 제재로 전처리는 하지 않았지만 불소 바니시로 후처리를 실시한 실험군 EXP-1의 ARI 값은 대조군과 유사한 양상을 보였다 (Fig. 3).

그러나, 우치를 불소 제재로 전처리를 실시한 실험군 EXP-2와 전처리와 후처리를 모두 실시한 실험군 EXP-3의 경우는 대부분의 시편에서 접착 계면에 접착제가 전혀 잔류되지 않고 있는 것이 관찰되었으며 (ARI = 0), EXP-2는 3 개의 시편에서만 10 % 미만의 접착제가 잔류하였고 (ARI = 1), EXP-3에서는 단지 1 개의 시편에서만 10 % 미만의 접착제가 잔류되는 것이 관찰되었다.



ARI = 0 (0 % remnant) ARI = 1 (10 % remnant)

ARI = 1 (40 % remnant) ARI = 2 (70 % remnant)

Fig. 3. Picture of bonding interface between bracket and bovine of specimens after shear bonding test for EXP-1.

Ⅳ. 총괄 및 고안

교정 전문의들은 교정 치료 전이나 치료 도중에 브라켓의 접착력을 저하시키지 않으면서 치아 우식증을 억제시킬 수 있는 방안에 많은 관심을 가지고 있으며, 우식증 예방을 위하여 다양한 방법으로 불소 제재를 적용하고 있다. 불소 제재를 치질에 적용하는 시기로는 산-부식처리 전, 산-부식 용액에 첨가하여 산-부식 처리와 동시에, 브라켓을 접착하기 전 산-부식처리 후 및 브라켓을 접착한 후 등 다양한 시점이 제시되고 있지만, 불소 제재 적용 시점이 브라켓의 접착력에 주는 영향은 연구자들에 따라 상반된 결과들이 보고되고 있다. Tabrizi와 Cakirer (2011)는 브라켓을 접착하기 전 치아에 불소 바니시를 적용한 경우에 브라켓의 접착강도가 유의하게 감소되었다고 하였는데, 이 외에도 많은 연구자들이 국소 도포한 불소 제재가 법랑질 표면의 산-부식처리 효과를 방해하여 접착력이 감소될 수 있다고 하였다 (Low 등, 1975; Gorelick 등, 1982; O'Reilly와 Featherstone, 1987; Garcia-Godoy 등, 1991; Meng 등, 1997, 1998; Cacciafesta 등, 2005). 하지만 이들과 상반된 연구 결과가 보고된 경우도 많이 있으며 (Bishara 등, 1989; Wang과 Sheen, 1991; Damon 등, 1996; Kimura 등, 2004; Keçik 등, 2008), 그 이유로는 불소 제재의 적용 시간 차이, 적용한 불소 농도 차이, 접착제 또는 브라켓 유지력의 성능 향상 및 열순환처리 유·무 등 시험 조건이 동일하지 않기 때문이라는 의견이 제기되고 있다.

치아 우식증 예방을 위하여 사용하는 고농도 불소 제재를 법랑질에 짧은 시간 적용하면 법랑질 표면에 CaF_2 결정상이 생성될 수 있다. 생성된 CaF_2 결정상은 주변의 pH에 따라 제어되는 불소 저장고 역할을 하는데, 주변 pH가 감소하면 불소 이온이 방출하게 되며, 방출된 불소 이온이 우식 부위에서 용출되는 칼슘 이온과 인 이온 등과 함께 불화수산회인회석 (fluorohydroxyapatite)을 형성하여 법랑질 표면에 축적되는 과정으로 탈회된 법랑질의 재광화가 진행된다. 발표된 대부분의 연구에서 불소 제재를 짧은 시간만 적용하면 법랑질 표면에 약하게 결합된 미세

결정 입자만 형성되어, 법랑질에서 쉽게 탈락될 수 있다고 하였다 (Duke와 Forward, 1978; Lussi 등, 2012). 때문에 Cruz와 Rolla (1992)는 불소 적용시간을 달리하며 실험하였는데, 법랑질 표면에 2% NaF 용액을 짧게 (30초 또는 60초간) 적용하면 적용시간에 따른 CaF_2 결정상 형성에 차이가 없었으나, 5분간 적용하면 30초간 적용한 경우 보다 2배, 60분간 적용하면 5배 정도 많은 결정상이 형성된다는 결과를 얻었다. 또한 짧은 시간 불소를 적용하면 치질에 강하게 결합된 불소화합물이 관찰되지 않았으나, 60분 이상 적용하면 이러한 불소화합물들이 관찰되었다고 하였다.

APF 겔을 적용하면 치질에 영구적으로 결합하는 불소의 농도가 낮고 상대적으로 얇은 층의 CaF_2 결정상이 형성됨에도 불구하고 APF 겔이 우식증 예방에 효과적인 이유는 CaF_2 결정상이 prism etch pit를 채우기 때문이라는 연구 보고가 있다 (Nelson 등, 1983). 따라서 표면에 형성된 CaF_2 결정상들이 대부분 빠르게 소실되더라도 이런 소와에 형성된 CaF_2 결정상들은 비교적 장기간 유지될 수 있으며 이 결정상들이 서서히 분해되면서 지속적인 불소 이온 유출이 가능하여 법랑질의 재광화와 법랑질의 탈회를 억제하게 된다고 하였다. 본 연구에서는 우치 표면을 1.23% APF 겔로 4분간 처리한 다음 2일간 증류수 (37℃)에 보관하는 과정을 28일간 14번 실시하여 기존의 연구자들과는 다르게 장기간 불소 처리하여 교정 치료 전에 정기적으로 불소 제재를 장기간 적용한 경우를 재현할 수 있도록 하였다. 이와 같이 장기간 불소 처리한 우치를 XRD로 분석한 결과 우치 표면에 fluorapatite 결정상 (XRD 피크; 32.17°, 49.79°) 뿐 아니라 CaF_2 결정상 (XRD 피크; 28.35°, 47.15°, 55.93°)도 생성된 것이 명확하게 관찰되었다. 또한 장기간 불소 전처리에 따른 우치 표면의 화학적 변화가 브라켓의 접착력을 유의하게 감소시킨 것이 관찰되었다.

Sheykholeslam 등 (1972)은 불소 제재를 국소 도포하면 법랑질 표면에 CaF_2 결정상과 같은 반응생성물이나 석출물이 생성되어 법랑질의 적심성 (wettability)이 감소되고, 접착 계면에서 태그 (tag) 형성이 방해되어 접착력이 낮아질 수 있기 때문에 산-부식처리된 법랑질 표면에 불소

제재를 도포한 후에는 법랑질 표면을 깨끗하게 세척할 것을 권장하였다. Meng 등 (1998)은 산-부식처리한 후 APF 겔을 적용하면 브라켓의 접착강도에 나쁜 영향을 준다고 하였고, Leódido 등 (2012) 역시 법랑질에 브라켓을 접착하기 전 1.23 % APF 겔 (Fluorsul, Brazil) 또는 5 % NaF 불소 바니시 (Duraphat)로 법랑질을 전처리할 경우 접착강도가 유의하게 감소된다고 하였다. Choi 등 (2010)은 법랑질 표면을 전자현미경으로 분석한 결과 APF 겔로 전처리한 법랑질은 미세 기공 형성이 감소되기 때문에 법랑질에 APF 겔을 도포한 경우에는 2 주 경과한 다음 법랑질을 산-부식처리하고 수복물을 접착할 것을 제시하였다.

반면, Hirce 등 (1980)은 산-부식처리한 법랑질에 불소 제재를 도포하여도 브라켓 접착력은 감소시키지 않으면서 불소 흡착을 증가시킬 수 있다고 하였으며, Bryant 등 (1985)은 불소 바니시인 Duraphat (5 % NaF)과 Fluor Protector (0.7 % fluoride), 1.23 % APF 겔 및 불소 용액 (8 % SnF_2) 등으로 법랑질을 처리한 후 7 일간 인공타액 (37 ℃)에 보관한 다음 산-부식처리하여 접착한 브라켓의 인장접착강도를 측정한 결과 산-부식처리 전 법랑질 표면에 실시한 불소 전처리는 접착력에 유의한 영향을 주지 못하였다고 하였다. Bishara 등 (1989)도 법랑질을 산-부식처리한 후 법랑질 표면을 2 % 또는 4 % NaF 함유 0.1 몰 인산용액으로 처리하고 접착한 브라켓의 인장접착강도 값은 불소 처리에 유의한 영향을 받지 않았다고 하였고, Wang과 Sheen (1991) 역시 APF 겔로 전처리한 법랑질에 접착한 브라켓의 접착강도는 아무처리하지 않은 대조군과 유의한 차이가 없다고 하였다. Garcia-Godoy 등 (1993)은 법랑질 표면을 산-부식처리하기 전에 APF (Topex gel, Sultan) 겔로 처리하여도 법랑질에 대한 레진 수복물의 접착력은 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였다. Kimura 등 (2004)은 법랑질 표면에 불소 바니시 (Cavity Shield)를 도포하고 5 분간 유지한 다음 37 ℃ 구강 타액에 10 일간 보관한 후 세척하고 산-부식처리하여 접착한 브라켓의 접착강도를 비교한 결과 불소 바니시로 전처리한 경우에도 브라켓의 접착강도는 유의한 차이가 없었다고 하였다.

본 연구에서는 우치 표면을 1.23 % APF 겔로 28 일간 14 회 처리한

다음 브라켓을 접착하여 불소 전처리가 접착력에 주는 영향을 평가하였는데, 1.23 % APF 겔로 주기적인 전처리를 시행한 실험군 EXP-2의 평균 접착강도는 4.86 MPa로 아무처리하지 않은 대조군의 13.27 MPa 보다 유의하게 낮은 값을 보였다 ($p < 0.01$). 이렇게 낮은 접착강도는 실제 임상 적용시 브라켓의 탈락 등 예상하지 못한 문제가 발생할 수 있으므로, 불소 제재를 주기적으로 적용한 치아에 브라켓을 접착하여야 할 경우에는 2 주 이상 불소 제재 사용을 중단시킨 다음에 산-부식처리를 하거나 (Choi 등, 2010), 통상적인 산-부식처리 시간 보다 더 오랫동안 처리하여 충분한 산-부식처리 효과로 적절한 접착력이 발휘될 수 있도록 유의하여야 한다. 기존에 발표된 논문에서 사용한 법랑질의 경우 대부분 1.23 % APF 겔로 1 회만 전처리한 후 바로 브라켓을 접착하거나 또는 증류수에 7 일간 보관한 후 브라켓을 접착시켜 불소 제재의 전처리 효과를 평가하였기 때문에 불소 제재가 실제로 법랑질에 준 영향은 크지 않을 가능성도 있을 수 있었으나, 본 연구에서는 법랑질 표면을 1.23 % APF 겔로 28 일간 14 회 장기간 처리하여 불소가 법랑질에 준 영향은 다른 연구자들의 연구 결과와는 큰 차이를 보였다.

Opinya와 Parmeijer (1986)는 중증 불소 침착증 (moderate fluorosis)이 있는 법랑질에 대한 접착력은 정상 법랑질보다 약 40 % 정도 감소되었다고 하였으나, 법랑질에 불소를 국소 도포하는 다양한 과정은 법랑질에 대한 접착력에 거의 영향을 주지 않는다고 하였다. Adanir 등 (2009)도 불소 침착증이 있는 법랑질에 대한 교정용 브라켓의 접착강도 (13.94 MPa)는 대조군 (19.29 MPa)보다 유의하게 낮은 값을 보였으나, 불소 침착증이 있는 법랑질 표면에 접착력 개선제인 Enhance LC (Reliance, USA)를 적용하면 대조군과 유사한 접착력 (18.22 MPa)을 얻을 수 있다고 하였다. Gungor 등 (2009)은 불소 침착증 치아에 통상적인 방법으로 산-부식처리하여 접착한 브라켓의 접착강도 (14.2 MPa)는 정상 치아에 접착한 경우 (22.07 MPa) 보다 유의하게 낮았다고 하였다. 그러나, Isci 등 (2011)은 중증 불소 침착증 법랑질과 정상 법랑질을 30 초간 37 % 인산으로 산-부식처리하여 접착한 브라켓의 접착강도는 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였다. 불소 침착증이 있는 치아와는 반대로 Attin 등

(2012)은 탈회처리한 법랑질 표면을 1.00 % 아민불소 함유 Elmex fluid (Gaba, Switzerland), 2.23 % NaF 함유 Clinpro Varnish (3M Unitek) 및 infiltrating 레진인 Icon (DMG, Germany)으로 처리한 후 브라켓의 전단 접착강도를 비교하였는데, 그 결과 탈회한 법랑질에 대한 불소 처리는 접착력 향상에 영향을 주지 못하였다고 하였다. 최근에는 국내에서도 NaF를 함유하여 시술 후 발생할 수 있는 충치에 대한 예방이 가능하다는 Luminous Ortho Bonding Boost LC (Ortho Plus, Korea)가 출시되었는데, 불소 함유가 브라켓 접착력에 영향을 주는지에 대해서는 여전히 논란이 많이 제기되고 있다.

Damon 등 (1996)은 37 % 인산으로 법랑질을 산-부식처리하기 전에 다양한 농도 (2,500 - 13,500 ppm)의 불소가 함유된 퍼미스로 법랑질 표면을 처리하여도 브라켓의 접착강도 또는 파절 부위에는 유의한 영향을 주지 않는다고 하였다. Grover 등 (2012)은 37 명의 교정치료 환자를 대상으로 5 % NaF 불소 바니시 (Septodont, France) 또는 퍼미스 (Reliance, USA)로 법랑질 표면을 처리하고 접착한 브라켓의 6 개월간 탈락율을 비교하였는데, 불소 바니시로 전처리한 경우는 9.6 % 탈락율을 보인 반면 퍼미스로 전처리한 경우는 2.6 % 탈락율을 보여 유의한 차이가 관찰되었다고 하였다. 그러나, Talic 등 (2011)은 불소를 함유한 퍼미스로 법랑질 표면을 연마하고 자가부식 프라이머로 접착한 브라켓의 탈락율 (11.2 %)은 일반 퍼미스를 사용한 경우 (4.8 %) 보다 유의하게 높았다고 하였다.

Todd 등 (1999)은 브라켓을 접착한 후 불소 바니시 (Duraflor)를 적용하면 브라켓 주변에서 발생하는 탈회를 약 50 % 정도 감소할 수 있었지만, 불소를 함유하지 않은 일반 바니시의 경우 탈회 방지효과는 관찰되지 않았다고 하였다. 반면, Schmit 등 (2002)은 레진강화형 글라스아이오노머 시멘트로 접착한 브라켓 주변에 불소 바니시 (Duraflor)를 도포한 경우 탈회 방지에 효과적이지는 않았지만, 백색 병소 형성을 감소시킬 수는 있다고 하였고, Farhadian 등 (2008)은 고농도 (12.6 % CaF_2 + 6 % NaF) 불소 바니시 (Bifluoride 12, Germany)를 도포하면 브라켓 주변에서 발생하는 탈회를 감소시킬 수 있다고 하였다. da Silva Fidalgo

등 (2012)은 우치에 브라켓을 접착한 후 다양한 방법의 불소 처리 (1,450 ppm 불소 함유 치약으로 하루 3 회, 250 ppm 불소 양치액으로 1 회, 250 ppm 불소 치약으로 3 회 실시 후 250 ppm 양치액으로 추가 1 회 실시)하여 전단접착강도를 평가한 결과 정기적인 불소 후처리가 브라켓의 접착력을 약화시키지 않는다고 하였으며, Nalbantgil 등 (2013)은 불소 바니시인 Duraflor (5 % NaF) 또는 Enamel Pro (5 % NaF + ACP)를 브라켓 주변에 도포해 주면 교정치료 중에 발생하는 탈회를 효과적으로 감소시킬 수 있다고 하였다. 교정치료 환자의 경우 불소 치약 (양치액)과 함께 국소 불소제재를 사용하면 탈회 발병율을 유의하게 감소시킬 수 있다고 한다 (Chadwick 등, 2005; Caldeira 등, 2012).

본 연구에서는 브라켓을 접착한 다음 브라켓 주변을 5 % NaF 불소 바니시로 28 일간 4 회 후처리를 실시하여 불소 후처리가 접착력에 주는 영향을 평가하였는데, 불소 바니시를 주기적으로 적용한 경우 (EXP-1) 평균 접착강도는 9.06 MPa로 후처리하지 않은 대조군 (CTL)의 13.27 MPa 보다 유의하게 감소되었지만, Reynolds (1975)가 제안한 임상적으로 수용할만한 접착력인 6 - 8 MPa 보다는 높은 접착력을 보이므로 임상 적용 시에는 문제가 없을 것으로 보인다. 또한 브라켓이 탈락된 접착 계면에서의 ARI 값을 평가한 결과 EXP-1군과 CTL군은 유사한 ARI 값을 보여 실제 임상에서의 접착 내구성은 유사할 것으로 기대할 수 있다. 즉, 브라켓을 접착한 후 브라켓 주변의 탈회와 우식을 예방하기 위하여 불소 바니시를 주기적으로 적용하는 것은 브라켓의 접착력을 다소 감소시킬 수는 있지만, 임상에서 요구되는 최소한 접착력은 발휘할 수 있을 것이라고 할 수 있다. 또한 법랑질에 대한 불소 전처리와 후처리를 모두 실시한 EXP-3의 경우 이미 불소 제재로 전처리하여 접착력이 유의하게 감소된 상태에서 추가로 불소 바니시로 후처리하여도 브라켓의 접착강도는 EXP-2보다 더 유의하게 감소하지는 않는 것으로 측정되었으며, ARI 값도 전처리만 실시한 EXP-2와 전처리 뿐 아니라 후처리를 모두 실시한 EXP-3과 유사한 양상을 보였다.

교정 치료중인 환자들의 경우 우식증 예방을 위하여 불소 이외의 다른 제재를 사용하는 경우도 있는데, 그 중에서 클로르헥시딘이 임상 적

용 빈도가 비교적 높은 제재이다. 불소와 마찬가지로 클로르헥시딘 도포와 브라켓 접착력간 상관관계에 대한 연구도 많이 진행되고 있는데, Damon 등 (1997)은 항균성이 우수한 클로르헥시딘이 함유된 프라이머로 브라켓을 접착하여도 접착력에는 영향을 주지 않는다고 하였고, Bishara 등 (1998)은 브라켓을 접착한 다음 그 주변에 클로르헥시딘을 도포한 경우에 접착력은 유의한 영향을 받지 않았으나, 산-부식처리한 법랑질 또는 프라이머를 도포한 다음 그 위에 클로르헥시딘 바니시를 적용할 경우에는 접착력이 유의하게 감소되었다고 하였다. Frey 등 (2012)은 브라켓을 접착하기전 40 % 클로르헥시딘 바니시 (EC40, Netherlands), 1 % 클로르헥시딘 바니시 (Cervitec, Liechtenstein), 1 % 클로르헥시딘 겔 (Corsodyl Plus, Germany) 등을 법랑질에 도포하거나, 법랑질을 60 초간 0.07 % 클로르헥시딘 양치액 (Corsodyl, Germany)에 침지한 후 세척하고 브라켓을 접착하여 전단접착강도를 평가한 결과 브라켓을 접착하기 전에 적용한 클로르헥시딘이 법랑질에 잔류되지 않도록 완전히 세척하면 브라켓의 접착력을 감소시키지는 않는다고 하였다.

표면 실란트인 ProSeal (Reliance, USA)은 불소 유출, 광중합형, 필러 함유 및 형광 특성이 있는 법랑질 실란트로 탈회를 억제하고 white spot 형성을 감소시킬 수 있다는 이유로 사용되고 있으나, 그 효과에 대해선 여전히 논란이 많다 (Bishara 등, 2005; El Bokle과 Munir, 2008). Leizer 등 (2010)은 ProSeal 적용이 브라켓 주변의 탈회 감소에 효과적이지 않다고 하여 추가 시간과 비용이 소요되는 ProSeal 적용을 재고하여야 한다고 하였고, Knösel 등 (2012)은 교정 환자에게 3 종의 표면 실란트 (ProSeal, Maximum Cure, Cervitec)을 적용한 후 평가한 탈회 억제 효과에서 ProSeal과 Cervitec 실란트의 경우에는 부분적인 효과가 30 일 이상 지속되지 않아 장기간 효과를 얻기 위해서는 30 일 간격으로 반복 적용이 필요하다고 하였다. O'Reilly 등 (2013)은 교정 치료 환자에게 표면 실란트 (Biscover, Bisco, USA)를 적용한 경우 백색 병소를 완전하지는 않지만 부분적으로는 감소시킬 수 있다고 하였다.

교정 치료 환자들에서 발생할 수 있는 우식증을 예방하기 위하여 불소, 클로르헥시딘, CPP-ACP 및 표면 실란트 등 다양한 방법들이 시도

되고 있지만 현재까지는 불소 제재를 이용하는 방법이 보편적으로 적용되고 있다. 그러나 적절한 교정 치료를 위해 각 환자의 상황에 적합한 불소 제재 적용법을 응용하고, 산-부식처리 과정을 조절하여 브라켓을 접착하면 임상에서 필요한 접착력을 발휘하고, 접착 내구성을 유지하여 만족할만한 교정 치료 효과와 우식증 예방을 동시에 얻을 수 있을 것으로 기대한다. 본 연구에서는 지속적인 불소 제재의 사용이 브라켓 접착력을 저하시키는 결과가 도출되었으나, 이는 교정환자들이 치료를 위해 내원하여 불소를 도포하는 일반적인 4주보다 훨씬 짧은 주기였으며 (보통 예방치료를 위해 내원하는 환자들의 경우엔 APF 겔 도포가 3～6개월 주기로, 불소 바니시 도포는 1주일에 1～2회씩 4주간 실시한다), 환자의 구강위생 활동에 대한 고려가 없어서 실제 임상과는 차이가 있을 것으로 보인다. 다만 불소침착증과 같은 과도한 불소 적용인 경우에 치질내의 불소가 브라켓 접착력을 저하시키는 결과는 명백히 관찰되었다. 그러므로 교정 전문의들은 불소의 적용이 우식예방뿐 아니라 브라켓의 접착력에 주는 영향을 정확하게 이해하고 임상에 사용해야 할 것으로 보인다.

고정식 교정치료를 받는 환자들에서 교정 장치 탈락율은 환자의 식습관 및 구강 악습관에도 영향을 받을 수 있으므로 반드시 브라켓의 접착강도에만 비례하는 것은 아니다. 본 연구만으로는 고정식 교정치료의 부작용중 하나인 백색병소와 탈회 및 우식의 발생 가능성을 낮추기 위한 불소 제재의 적용과 브라켓의 탈락율에 대한 직접적인 상관관계를 밝히기엔 부족하며, 이를 위해서는 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 지속적으로 APF 겔을 적용한 치아에 대한 브라켓의 접착력을 평가하여 정기적인 불소 제재 사용이 접착력에 주는 영향을 알아보고자 하였다. 또한, 교정치료 중에 발생될 수 있는 백색 병소와 탈회 감소를 위하여 브라켓 주변에 도포하는 불소 바니시가 브라켓의 접착력에 주는 영향을 평가하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 주기적으로 APF 겔을 적용한 우치의 법랑질에는 불화칼슘 결정상뿐 아니라 불화인회석 결정상이 생성된 것이 관찰되었다.
2. 법랑질 표면을 APF 겔로 장기간 전처리한 경우 브라켓의 접착력은 유의하게 감소하여 임상 적용에 필요한 접착강도 보다 낮은 값을 보였고, ARI 값도 대조군과는 상이한 양상이 관찰되었다.
3. 브라켓을 접착한 후 5% NaF 불소 바니시로 후처리한 경우 브라켓의 접착력은 대조군보다 유의하게 감소하였지만 ($p < 0.01$), 임상에서 요구되는 접착력 보다는 높은 값을 보였고, ARI 값은 대조군과 유사하였다.
4. 법랑질의 불소 전처리와 브라켓 접착한 다음 실시한 불소 후처리한 경우 브라켓의 접착력과 ARI 값은 불소 전처리만 실시한 경우와 유사하여 불소 후처리에 따른 유의한 변화는 없었다.

지속적으로 불소 제재를 장기간 사용한 환자의 경우 수복물이나 브라켓 등의 접착시, 우수한 접착력을 얻기 위하여 산-부식처리 시간을 연장시켜 적절하게 표면처리가 될 수 있도록 주의하는 것이 필요할 것으로 보인다. 특히, 브라켓 접착 후 불소 바니시의 도포는, 브라켓 접착에 사용된 레진 주변의 플라그 침착과 구강위생 관리 부족에 따른 탈회 및 우식 발생율 증가를 막는 효과를 임상에서 요구되는 브라켓 접착력을 유지하면서 얻을 수 있으므로, 매우 추천할 만한 것으로 보인다.

참고문헌

Adanir N, Türkkahraman H, Yalçin Güngör A. Effects of adhesion promoters on the shear bond strengths of orthodontic brackets to fluorosed enamel. *Eur J Orthod.* 2009;31:276-280.

Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as alternative to acid etch enamel pretreatment. *Am J Orthod.* 1984;85:333-340.

Attin R, Stawarczyk B, Keçik D, Knösel M, Wiechmann D, Attin T. Shear bond strength of brackets to demineralize enamel after different pretreatment methods. *Angle Orthod.* 2012;82:56-61.

Beltrán-Aguilar ED, Goldstein JW, Lockwood SA. Fluoride varnishes - A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. *J Am Dent Assoc.* 2000;131:589-596.

Benham AW, Campbell PM, Buschang PH. Effectiveness of pit and fissure sealants in reducing white spot lesions during orthodontic treatment. A pilot study. *Angle Orthod.* 2009;79:338-345.

Bishara SE, Chan D, Abadir EA. The effect of the bonding strength of orthodontic brackets of fluoride application after etching. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1989;95:259-260.

Bishara SE, Oonsombat C, Soliman MM, Warren J. Effects of using a new protective sealant on the bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 2005;75:243-246.

Bishara SE, Ostby AW. White spot lesions: Formation, prevention, and treatment. *Semin Orthod* 2008;14:174-182.

Bishara SE, Vonwald L, Zamtua J, Damon PL. Effects of various methods of chlorhexidine application on shear bond strength. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114:150-153.

Brännström M, Nordenvall KJ, Malmgren O. The effect of various pretreatment methods of the enamel in bonding procedures. *Am J Orthod.* 1978;74:522-530.

Bryant S, Retief DH, Bradley EL, Denys FR. The effect of topical

fluoride treatment on enamel fluoride uptake and the tensile bond strength of an orthodontic bonding resin. *Am J Orthod.* 1985;87: 294-302.

Buzalaf MA, Pessan JP, Honório HM, ten Cate JM. Mechanisms of action of fluoride for caries control. *Monogr Oral Sci.* 2011;22:97-114.

Cacciafesta V, Sfondrini MF, Calvi D, Scribante A. Effect of fluoride application on shear bond strength of brackets bonded with a resin-modified glass ionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127: 580-583.

Caldeira EM, Fidalgo TK, Passalini P, Marquezan M, Maia LC, Nojima Mda C. Effect of fluoride on tooth erosion around orthodontic brackets. *Braz Dent J.* 2012;23:581-585.

Chadwick BL, Roy J, Knox J, Treasure ET. The effect of topical fluorides on decalcification in patients with fixed orthodontic appliances: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;128:601-606.

Choi S, Cheong Y, Lee GJ, Park HK. Effect of fluoride pretreatment on primary and permanent tooth surfaces by acid-etching. *Scanning.* 2010;32:375-382.

Collins FM. Current concepts in fluoride therapy. *Dental Learning* 2013;2:1-14.

Cruz R, Rölla G. The effect of time of exposure on fluoride uptake by human enamel from acidulated fluoride solutions in vitro. *Acta Odontol Scand.* 1992;50:51-56.

da Silva Fidalgo TK, Pithon MM, do Santos RL, de Alencar NA, Abrahão AC, Maia LC. Influence of topical fluoride application on mechanical properties of orthodontic bonding materials under pH cycling. *Angle Orthod.* 2012;82:1071-1077.

Damon PL, Bishara SE, Olsen ME, Jakobsen JR. Effects of fluoride application on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod.* 1996;66:61-64.

Damon PL, Bishara SE, Olsen ME, Jakobsen JR. Bond strength following the application of chlorhexidine on etched enamel. *Angle Orthod.* 1997;67:169-172.

Dhar V, Bhatnagar M. Physiology and toxicity of fluoride. *Indian J Dent Res.* 2009;20:350-355.

Duke S, Forward GC. Calcium fluoride and fluoridated hydroxyapatite formation in relation to the acid dissolution rate of enamel mineral. *Caries Res.* 1978;12:12-20.

Duschner H, Gotz H, Ogaard B. Fluoride-induced precipitates on enamel surface and subsurface areas visualised by electron microscopy and confocal laser scanning microscopy. *Eur J Oral Sci.* 1997; 105:466-472.

El Bokle D, Munir H. An in vitro study of the effect of Pro Seal varnish on the shear bond strength of orthodontic brackets. *World J Orthod.* 2008;9:141-146.

Farhadian N, Miresmaeli A, Eslami B, Mehrabi S. Effect of fluoride varnish on enamel demineralization around brackets: an in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(Supp):S95-S98.

Frey C, Yetkiner E, Stawarczyk B, Attin T, Attin R. Effects of different chlorhexidine pretreatments on adhesion of metal brackets in vitro. *Head & Face Med.* 2012;8:36.

Garcia-Godoy F. Shear bond strength of a resin composite to enamel treated with an APF gel. *Pediatr Dent.* 1993;15:272-274.

Garcia-Godoy F, Hubbard GW, Storey AT. Effect of fluoridated etching gel on enamel morphology and shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;100: 163-170.

Gazzano E, Bergandi L, Riganti C, Aldieri E, Doublier S, Costamagna C, Bosia A, Ghigo D. Fluoride effects: the two faces of janus. *Curr Med Chem.* 2010;17:2431-2441.

Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*

1982;81:93-98.

Grover S, Sidhu MS, Prabhakar M, Jena S, Soni S. Evaluation of fluoride varnish and its comparison with pumice prophylaxis using self-etching primer in orthodontic bonding - an in vivo study. *Eur J Orthod*. 2012;34:198-201.

Gungor AY, Turkkahraman H, Adanir N, Alkis H. Effects of fluorosis and self etching primers on shear bond strengths of orthodontic brackets. *Eur J Dent*. 2009;3:173-177.

Hirce JD, Sather AH, Chao EY. The effect of topical fluorides, after acid etching of enamel on the bond strength of directly bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod*, 1980;78:444-452.

Isci D, Sahin Saglam AM, Alkis H, Elekdag-Turk S, Turk T. Effects of fluorosis on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded with a self-etching primer. *Eur J Orthod*. 2011;33:161-166.

Kajander KC, Uhland R, Ophaug RH, Sather AH. Topical fluoride in orthodontic bonding. *Angle Orthod*. 1987;57:70-76.

Keçik D, Cehreli SB, Sar C, Unver B. Effect of acidulated phosphate fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate application on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod*. 2008;78:129-133.

Kim MJ, Lim BS, Chang WG, Lee YK, Rhee SH, Yang HC. Phosphoric acid incorporated with acidulated phosphate fluoride gel etchant effects on bracket bonding. *Angle Orthod*. 2005;75:678-684

Kimura T, Dunn WJ, Taloumis LJ. Effect of fluoride varnish on the in vitro bond strength of orthodontic brackets using a self-etching primer system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;125:351-356.

Knösel M, Forslund L, Jung K, Ziebolz D. Efficacy of different strategies in protecting enamel against demineralization during fixed orthodontic treatment. *J Orofac Orthop*. 2012;73:194-203.

Koo H. Strategies to enhance the biological effects of fluoride on dental biofilms. *Adv Dent Res*. 2008;20:17-21.

Leizer C, Weinstein M, BorislowAJ, Braitman LE. Efficacy of a filled-

resin sealant in preventing decalcification during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:796-800.

Leódido Gda R, Fernandes HO, Tonetto MR, Presoto CD, Bandéca MC, Firoozmand LM. Effect of fluoride solutions on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Braz Dent J.* 2012;23:698-702.

Low T, Von Fraunhofer JA, Winter GB. The bonding of a polymeric fissure sealant to topical fluoride-treated teeth. *J Oral Rehabil.* 1975;2:303-307.

Lussi A, Hellwig E, Klimek J. Fluorides - mode of action and recommendations for use. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2012;122:1030-1036.

Meng CL, Li CH, Wang WN. Bond strength with APF applied after acid etching. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114:510-513.

Meng CL, Wang WN, Yeh IS. Fluoridated etching on orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112:258-262.

Miller EK, Vann WF Jr. The use of fluoride varnish in children: a critical review with treatment recommendations. *J Clin Pediatr Dent.* 2008;32:259-264.

Morphis TL, Toumba KJ, Lygidakis NA. Fluoride pit and fissure sealants: a review. *Int J Paediatr Dent.* 2000;10:90-98.

Nalbantgil D, Oztoprak MO, Cakan DG, Bozkurt K, Arun T. Prevention of demineralization around orthodontic brackets using two different fluoride varnishes. *Eur J Dent.* 2013;7:41-47.

Nelson DG, Jongebloed WL, Arends J. Morphology of enamel surfaces treated with topical fluoride agents: SEM considerations. *J Dent Res.* 1983;62:1201-1208.

Newbrun E, Topical fluorides in caries prevention and management: a North American perspective. *J Dent Educ.* 2001;65:1078-1083.

Newbrun E. Finn Brudevold: Discovery of acidulated phosphate fluoride in caries prevention. *J Dent Res.* 2011;90:977-980.

Øgaard B, Larsson E, Glans R, Henriksson T, Birkhed D. Antimicro-

bial effect of a chlorhexidine-thymol varnish (Cervitec) in orthodontic patients. A prospective, randomized clinical trial. *J Orofac Orthop.* 1997;58:206 - 213

Opinya GN, Parmeijer CH. Tensile bond strength of fluorosed Kenyan teeth using the acid etch technique. *Int Dent J.* 1986;36:225-229.

O'Reilly MM, Featherstone JDB. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: An in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;92:33-40.

O'Reilly MT, De Jesús Viñas J, Hatch JP. Effectiveness of a sealant compared with no sealant in preventing enamel demineralization in patients with fixed orthodontic appliances: a prospective clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;143:837-844.

Powers JM, Messersmith ML. Enamel etching and bond strength. In: Brantley WA, Eliades T (eds). Orthodontic materials: scientific and clinical aspects. Thieme, New York, 2001, pp. 107 - 122

Retief DH, Sorvas PG, Bradley EL, Taylor RE, Walker AR. In vitro fluoride uptake, distribution and retention by human enamel after 1- and 24-hour application of various topical fluoride agents. *J Dent Res.* 1980;59:573-582.

Reynolds I. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975;2:171-178.

Robinson C. Fluoride and the caries lesion: interactions and mechanism of action. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2009;10:136-140.

Rošin-Grget K, Peroš K, Sutej I, Bašić K. The cariostatic mechanisms of fluoride. *Acta Med Acad.* 2013;42:179-188.

Schmit JL, Staley RN, Wefel JS, Kanellis M, Jakobsen JR, Keenan PJ. Effect of fluoride varnish on demineralization adjacent to brackets bonded with RMGI cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122:125-134.

Sheykholeslam Z, Buonocore MG, Gwinnet AJ. Effect of fluoride on the bonding of resins to phosphoric acid-etch bovine enamel. *Arch Oral Biol.* 1972;17:1037-1045.

Strohmenger L, Brambilla E. The use of fluoride varnishes in the prevention of dental caries: a short review. *Oral Dis*. 2001;7:71-80.

Sudjalim TR, Woods MG, Manton DJ, Reynolds EC. Prevention of demineralization around orthodontic brackets in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131:705,e1 - e9.

Tabrizi A, Cakirer B. A comparative evaluation of casein phospho-peptide-amorphous calcium phosphate and fluoride on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Eur J Orthod*. 2011;33:282-287.

Talic NF. Effect of fluoridated paste on the failure rate of precoated brackets bonded with self-etching primer: a prospective split-mouth study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011;140:527-530.

Todd MA, Staley RN, Kanellis MJ, Donly KJ, Wefel JS. Effect of a fluoride varnish on demineralization adjacent to orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;116:119-167.

Wang WN, Sheen DH. The effect of pretreatment with fluoride on the tensile strength of orthodontic bonding. *Angle Orthod*. 1991;61: 35-41.

Weyant RJ, Tracy SL, Anselmo TT, Beltrán-Aguilar ED, Donly KJ, Frese WA, Hujoel PP, Iafolla T, Kohn W, Kumar J, Levy SM, Tinanoff N, Wright JT, Zero D, Aravamudhan K, Frantsve-Hawley J, Meyer DM; American Dental Association Council on Scientific Affairs Expert Panel on Topical Fluoride Caries Preventive Agents. Topical fluoride for caries prevention: executive summary of the updated clinical recommendations and supporting systematic review. *J Am Dent Assoc*. 2013;144:1279-1291.

Whitford GM. Fluoride in dental products: Safety considerations. *J Dent Res*. 1987;66:1056-1060.

Yap J, Walsh LJ, Naser-ud Din S, Ngo H, Manton DJ. Evaluation of a novel approach in the prevention of white spot lesions around orthodontic brackets. *Aust Dent J.* 2014;59:70-80.

-ABSTRACT-

Effects of pre- and post-fluoride treatments on the shear bond strength of dental bracket

Yu-Kyoung Yang, ***DDS***

Department of Dental Biomaterials Science,
Graduate School, Seoul National University

(Directed by Professor Bum-Soon Lim, *Ph.D.*)

In recent years, regular application of topical fluoride agents in children has been increased for preventive procedure. So, lots of teeth could be somewhat fluoridated before orthodontic treatments. Fluoride has been used for a prophylactic agent to prevent white spot lesions and enamel demineralization during orthodontic treatment. However, controversial results about the effect of topical application of fluoride on bracket bond strength have been reported. The purpose of this study is to evaluate the effects of the periodic topical fluoride application before (APF gel) and after (fluoride varnish) bracket bonding, on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded to bovine.

Eighty permanent mandibular incisors of bovine with whole enamel and no decalcification, cracks, or fractures were used. After being extracted, the teeth were kept in a 0.1% tymol solution for disinfection

for 1 week. Forty bovine teeth were untreated (CTL, EXP-1), and 40 teeth were pre-treated with 1.23 % APF gel about 14 times during 28 days (EXP-2, EXP-3), and XRD analysis was performed to detect the formation of new crystal. After orthodontic bracket adhesion, each experimental groups were divided into 2 subgroups. One subgroup was untreated (CTL, EXP-2) and stored in deionized water (37 ℃) for 28 days, and the other subgroup was treated with fluoride varnish for 4 times during 28 days (EXP-1, EXP-3). SBS test and ARI evaluation were performed, and the data were analyzed using Newman-Keuls multiple comparisons test ($p = 0.01$).

Calcium fluoride as well as fluorapatite crystals were formed on the bovine surface after periodical APF gel treatment. Pre-treatment with APF gel caused significant decrease of bond strength and different ARI scores compared to the control group. Post-treatment with fluoride varnish after bracket bonding resulted in significant decrease of bond strength also, however, the strength was higher than the clinically recommended values (6 - 8 MPa). Both pre-treatment and post-treatment with fluoride agents showed similar SBS and ARI score to the groups with only pre-treatment and no further worsening was observed. Therefore, the post-treatments of fluoride can be suggested after bracket bonding for reduced caries and white spot formations with maintaining proper bonding durability.

Key words: APF gel, fluoride varnish, bovine, bracket, shear bond strength, adhesive remnant index

Student number: 2012-23688